

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-181356

(43)Date of publication of application : 28.06.1994

(51)Int.Cl.

H01S 3/1055

H01S 3/10

H01S 3/25

(21)Application number : 05-226248

(71)Applicant : HUGHES AIRCRAFT CO

(22)Date of filing : 10.09.1993

(72)Inventor : STEPHENS RONALD R

(30)Priority

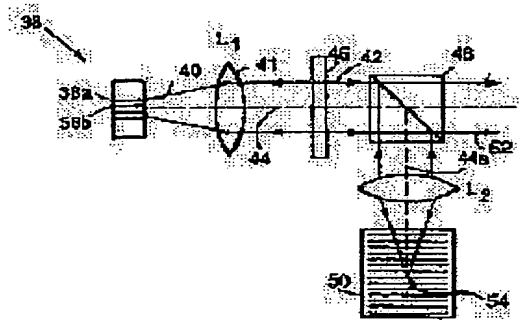
Priority number : 92 943161      Priority date : 10.09.1992      Priority country : US

(54) **NARROW BAND LASER ARRAY SYSTEM**

**(57)Abstract:**

**PURPOSE:** To provide a diode laser array system provided with a narrow output spectrum band width and generating output higher than a single diode laser.

**CONSTITUTION:** This system is provided with the array of independent laser elements 38a and 38b which are provided with a previously fixed radiation spectrum and optically separated, a reflecting element 50 reflecting at least a part of radiation within the radiation spectrum, lenses L1, L2, which guide at least a part of optical output from the laser element 38a and 38b and is for returning at least a part of laser irradiation reflected from the element 50 to the laser array so as to substantially reduce the band width of output radiation radiated from the laser array 38, and an optical transmission system such as a beam splitter 48.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.09.1993

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2725980

[Date of registration] 05.12.1997

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

05.12.2000

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-181356

(43) 公開日 平成6年 (1994) 6月28日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/1055		8934-4M		
3/10	Z	8934-4M		
3/25		8934-4M		
			H 0 1 S 3/23	S

審査請求 有 請求項の数25 (全 13 頁)

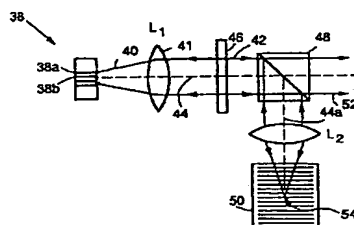
(21) 出願番号	特願平5-226248	(71) 出願人	390039147 ヒューズ・エアクラフト・カンパニー HUGHES AIRCRAFT COMPANY アメリカ合衆国、カリフォルニア州 90045 -0066, ロサンゼルス, ヒューズ・テラス 7 200
(22) 出願日	平成5年 (1993) 9月10日	(72) 発明者	ロナルド・アール・ステファンス アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9136 2、ウエストレイク・ビレッジ、ダブリュー・ シアラ・ドライブ 3117
(31) 優先権主張番号	9 4 3 1 6 1	(74) 代理人	弁理士 鈴江 武彦
(32) 優先日	1992年9月10日		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 狭帯域レーザアレイシステム

## (57) 【要約】

【目的】 本発明は、狭い出力スペクトル帯域幅を有し、単一のダイオードレーザより高い出力を生成するダイオードレーザアレイシステムを提供することを目的とする。

【構成】 予め定められた放射スペクトルを有する光学的に隔離された独立したレーザ素子38a, 38b のアレイ38と、その放射スペクトル内における放射の少なくとも一部を反射する反射素子50と、レーザ素子38a, 38b からの光出力の少なくとも一部分を反射素子50に導き、反射素子50から反射されるレーザ放射の少なくとも一部分をレーザアレイ38から放射される出力放射の帯域幅を実質的に減少するようにレーザアレイに戻すためのレンズL1, L2、ビーム分割器48等の光伝送システムとを具備していることを特徴とする。



FP04-0159-cowo-HP
04.9.07
SEARCH REPORT

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 予め定められた放射スペクトルを有する光学的に隔離された独立レーザ素子のアレイと、前記放射スペクトル内における放射の少なくとも一部を反射する反射素子と、

前記レーザ素子からの光出力の少なくとも一部分を前記反射素子に導き、前記反射素子から反射されるレーザ放射の少なくとも一部分をレーザアレイから放射される出力放射の帯域幅を実質的に減少するようにレーザアレイに戻す光伝送システムとを具備していることを特徴とする狭帯域レーザアレイシステム。

【請求項2】 前記反射素子は光回折格子を具備する請求項1記載のレーザアレイシステム。

【請求項3】 前記レーザアレイおよび回折格子はシステム軸に沿って位置され、前記軸からずれて配置された複数のレーザ素子を有し、前記光伝送システムは前記レーザアレイに戻らないオフセット路に沿って複数の前記ずれて配置されたレーザ素子のセットからの出力を前記レーザアレイに最初に向けるように構成され、位置されている第1のレンズ手段と、レーザ素子の前記セットからの出力が前記回折格子からの反射後に前記レーザアレイに戻るよう前記オフセット路を再指向するように構成され、位置されている第2のレンズ手段とを含む多重レンズシステムを具備している請求項2記載のレーザアレイ。

【請求項4】 前記第2のレンズ手段は、ずれて配置されたレーザ素子の前記セットの出力が前記回折格子からの反射後にその出力を生成した元のレーザ素子に戻されるよう前記オフセット路を再指向する請求項3記載のレーザアレイシステム。

【請求項5】 前記第2のレンズ手段は、前記ずれて配置されたレーザの出力が前記回折格子からの反射後にその出力を生成した元のレーザ素子に戻されるよう前記オフセット路を再指向する請求項3記載のレーザアレイ。

【請求項6】 前記レーザ素子は前記システム軸の向い合った側面上に対称的に配置され、前記第2のレンズ手段は前記システム軸の各側の前記ずれて配置されたレーザ素子からの出力が前記回折格子からの反射後に前記システム軸の反対側の対応しているレーザ素子に戻されるよう前記オフセット路を再指向する請求項5記載のレーザアレイシステム。

【請求項7】 前記光伝送システムは、前記回折格子から反射しない出力ビームとして前記レーザ素子からの光出力の出力部分を導き、また前記レーザ素子から前記回折格子へ導かれ、回折格子から前記出力ビーム部分を供給するレーザに向けて反射して戻される光出力のフィードバック部分を導く請求項2記載のレーザアレイシステム。

【請求項8】 前記光伝送システムは、前記レーザ素子

からの全体の光出力よりも実質的に低い発散角度を有する前記レーザ素子からの光出力の前記出力部分を供給する請求項7記載のレーザアレイシステム。

【請求項9】 前記光伝送システムは、前記出力部分に対する前記レーザ素子からの光出力の対称的な外側部分を選択する請求項8記載のレーザアレイシステム。

【請求項10】 前記レーザ素子のアレイは多重ローブパワー分布を有する遠フィールドパターンを生成し、前記光伝送システムは前記出力部分に対してそのローブの1つを選択し、前記フィードバック部分に対して別のローブを選択する請求項8記載のレーザアレイシステム。

【請求項11】 前記レーザ素子からの光の一部分を出力ビームとして伝送し、前記レーザ素子からの光の別の部分を前記反射素子に再指向し、前記レーザアレイから放射される出力放射の帯域幅を実質的に減少するように前記反射素子からの光を前記レーザ素子に反射して戻すビームスプリッタを具備し、

前記光伝送システムは、前記反射素子へ前記ビームスプリッタにより再指向するために前記レーザ素子からの光をコリメートする第1のレンズ手段と、

前記反射素子へ前記ビームスプリッタによって再指向される前記レーザ素子からの光を集束し、前記ビームスプリッタへ前記反射素子から反射される光をコリメートする第2のレンズ手段とを具備している請求項1または3記載の狭帯域レーザアレイシステム。

【請求項12】 前記ビームスプリッタは偏光ビームスプリッタを具備し、前記レーザ素子から偏光ビームスプリッタに伝送される光の偏光を制御する手段が設けられ、前記偏光ビームスプリッタは第1の軸に沿って偏光される前記レーザ素子からの光を出力ビームに伝送し、前記第1の軸に直交する第2の軸に沿って偏光される前記レーザ素子からの光を前記反射素子に再指向する請求項11記載のレーザアレイシステム。

【請求項13】 前記偏光制御手段は、前記第1および第2の偏光軸間で前記レーザ素子からの光の分割を制御する回転可能な2分の1波長板を具備している請求項12記載のレーザアレイシステム。

【請求項14】 前記レーザ素子はシステム軸の対向する側に配置され、前記ビームスプリッタおよび回折格子は前記システム軸の各側のレーザ素子からの出力が前記システム軸の反対側のレーザ素子に反射して戻されるよう光を反射するように配置されている請求項13記載のレーザアレイシステム。

【請求項15】 前記レーザ素子はシステム軸の対向する側に配置され、前記第1および第2のレンズ手段および反射素子は前記システム軸の各側のレーザ素子から放射され、前記回折格子から反射される光をそれが発生した元のレーザ素子に反射するように配置されている請求項11記載のレーザアレイシステム。

【請求項16】 前記第1のレンズ手段は前記システム軸に対してほぼ平行な各軸に沿って前記レーザ素子からの光をコリメートするように配置され、前記第2のレンズ手段は前記回折格子の共通領域に前記第1のレンズ手段によってコリメートされている前記各レーザ素子からの光を集束するように配置されている請求項3記載のレーザアレイシステム。

【請求項17】 前記第1のレンズ手段は前記第1および第2のレンズ手段の間の共通焦点領域に前記各レーザ素子からの光を集束するように配置され、前記第2のレンズ手段は前記回折格子の共通焦点領域に前記共通焦点領域を越えて光を集束するように配置されている請求項3記載のレーザアレイシステム。

【請求項18】 前記第1のレンズ手段は前記回折格子の刻線にそれぞれほぼ平行および垂直な軸に沿って配置されている1対の相互に直交する円筒レンズを具備し、前記刻線にほぼ平行な軸を有する円筒レンズは他方の円筒レンズよりも実質的に低いF数を有している請求項17記載のレーザアレイシステム。

【請求項19】 前記第1のレンズ手段は前記第1および第2のレンズ手段の間の前記システム軸に沿って共通領域で交差する各軸に沿って前記レーザ素子からの光をコリメートするように配置され、前記第2のレンズ手段は前記システム軸にほぼ平行な各軸に沿って前記第1のレンズ手段によってコリメートされている前記レーザ素子からの光を前記回折格子の各領域に対して集束するように配置されている請求項3記載のレーザアレイシステム。

【請求項20】 前記第1および第2のレンズ手段は球面および円筒レンズをそれぞれ具備している請求項16記載のレーザアレイシステム。

【請求項21】 前記第2のレンズ手段は円筒レンズを具備し、前記第1のレンズ手段は前記回折格子の格子にそれぞれほぼ平行および垂直な軸に沿って配置されている1対の相互に直交する円筒レンズを具備し、前記格子にほぼ平行な軸を有する円筒レンズは他方の円筒レンズよりも実質的に低いF数を有している請求項19記載のレーザアレイシステム。

【請求項22】 前記第1のレンズ手段は前記システム軸にほぼ平行な各軸に沿って前記レーザ素子からの光を前記回折格子の各領域に対して集束するように配置され、前記第2のレンズ手段は前記回折格子の刻線にほぼ直交する方向にコリメートするように配置され、前記レーザ素子からの光は前記第1のレンズ手段によって集束される請求項20記載のレーザアレイシステム。

【請求項23】 前記第1のレンズ手段はマイクロレンズアレイを具備し、各マイクロレンズは各レーザ素子に対応している請求項1乃至22のいずれか1項記載のレーザシステム。

【請求項24】 予め定められた放射スペクトルを有す

る光学的に隔離された独立したレーザ素子のアレイと、前記放射スペクトル内の放射を反射する回折格子を備えた光反射素子と、

前記光の一部分を出力ビームに処理する前記レーザ素子から放射される光の通路に配置された第1のレンズ手段と、

前記第1のレンズ手段を通して伝送されるが、前記出力ビームに含まれていない前記レーザ素子からの光を再指向する手段と、

10 前記レーザ素子によって放射される出力放射の帯域幅を実質的に減少するために前記出力ビームが得られるレーザ素子に反射されるように前記反射素子上に前記再指向された光を集束するように配置された第2のレンズ手段とを具備していることを特徴とする狭帯域レーザアレイシステム。

【請求項25】 前記光を再指向する手段は、前記出力ビームが前記レーザ素子からの全光出力よりも実質的に低い発散角度を有するように前記レーザ素子からの光の一部分を遮断する請求項24記載のレーザアレイ。

20 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、出力帯域幅が光回折格子を介してレーザ源にレーザ放射線に戻すことによって制限されるレーザシステム、特に高パワーレーザダイオードアレイに対するこの技術の使用に関する。

【0002】

【従来の技術】過去において、回折格子はダイオードレーザ、特に多ストリップ量子ウェルヘテロ構造ダイオードレーザからの出力帯域幅を著しく狭くするために外部空洞レーザシステムにおいて使用されている。出力パワーの少量をレーザに反射して戻すことによって、ライン幅は著しく減少されることができる。ダイオードレーザのスペクトルを狭くするために使用されている技術の報告は、Wieman氏他による論文（“Using Diode Lasers for Atomic Physics”，Rev. Sci. Instrum., Vol. 62, No. 1, 1991年1月，1乃至20頁）において行われている。この報告においてカバーされた発展部分は、低いパワーレベルで非常に狭いスペクトル出力を生成する単一素子、単一モードの装置に限定されている。

40 【0003】ダイオードレーザへの回折格子フィードバック技術の適用は、一般に約3乃至6ミクロンの利得チャンネル幅を持つ狭ストリップレーザ [Patrick氏他による論文（“Frequency Stabilization of a Diode Laser Using Simultaneous Optical Feedback From a Diffraction Grating and a Narrow Band Fabry-Perot Cavity”，Rev. Sci. Instrum., Vol. 62, No. 11, 1991年11月，2593乃至2595頁）参照]、またはせいぜい約100ミクロンの利得チャンネル幅を持つ多ストリップの、光学的に結合された大面積のレーザ [Epler氏他による論文  
50 [“Super Mode of Multiple-Stripe Quantum-Well Het

erostructure Laser Diodes Operated (CW, 300K) in a n External-Grating Cavity”, Journal of Applied Physics, Vol. 57, No. 5, 1985年 3月 1日, 1489乃至1494 頁] 参照) に限定されている。

【0004】領域中の作業は、単一の縦方向モードによる著しく狭い放出を行うか、或は研究状況で詳細に示されたモード構造を試験することに集中している。出力パワーには主要な関心はなく、装置は数十mWに制限されている。例えば、Harvey 氏他による論文 (“External-Cavity Diode Laser Using a Grazing-Incidence Diffraction Grating”, Optics Letters, Vol. 16, No. 12, 1991年 6月15日, 910乃至 912頁) において、回折格子は40MHz から10kHz 以下に、1,000以上の係数だけGaAlAsダイオードレーザのライン幅を減少するために使用され、一方出力パワーは20mWより下に制限された。上記のEpler氏の論文において、5モード、12オングストロームから単一モード、0.2 オングストロームに帯域幅が狭くなることが170mWのダイオードパワー出力によって達成された。

【0005】出力パワーが主な目的でなくとも、単一素子の大面積レーザは最終的に熱消費により約1乃至2ワットのパワーに限定される。しかしながら、著しく大量のパワーを必要とする適用が存在している。特に、光学的にポンプされたアップ変換レーザは、高い商業価値のために必要な高出力パワーおよび良好な電気・光変換効率を実現するために高パワーの、狭スペクトルのダイオードポンプを必要とする。アップ変換レーザは、可視放射線に赤外線を変換するために使用される。単一波長の赤外線レーザによってポンプされる全色アップ変換レーザは例えば本出願人であるヒューズエアクラフト社に譲渡されたMc Farlane氏による米国特許第5,008,890号明細書に記載されている。1cm程度の範囲に拡大する空間的に分離された(したがって光学的に分離された)レーザのアレイは、アップ変換レーザをポンプするために望ましい5乃至20ワットのビームを生成するために必要とされる。ダイオードレーザはアップ変換レーザをポンプするために以前から、ただし551nm で2mWの出力パワーしか実現できなかった単一の0.1ワットの狭ストリップの単一モードのダイオードポンプレーザの場合においてのみ使用されている。Hebert 氏他による文献

(“Diode-Laser-Pumped 551nm Upconversion Laser in  $YLiF_4$ ;  $Er^{3+}$ ”, Proceedings of Advanced Solid State Laser Conference Six, Optical Society of America, Washington, D.C., 1990年, 379乃至 383 頁)を参照されたい。

【0006】単一のダイオードレーザの放出スペクトルを狭くするために以前から使用されている技術は、かなり高いパワーのレーザアレイに直接適用可能である。これは図1乃至図3に示されており、従来の単一ダイオード狭帯域幅システムが図1および図2に示され、図3は

レーザアレイ環境において同じシステムを使用した結果を示している。図1において、球面レンズ6によってコリメートされる発散出力光ビーム4を放射するレーザダイオード2が示されている(ここにおいて“光”とは一般に光学的放出を示し、可視光に限定されない)。偏光状態でレーザ2から放出されたコリメートされたビームは、ビーム分割器を透過して伝送される出力成分12とビーム分割器によって回折格子16に向けて反射されたフィードバック成分14とにビームを分割する偏光ビーム分割器10に1/2波長プレートを通して伝送される。1/2波長プレート8の角度的な方位は、出力およびフィードバックビーム成分12および14の間の比を決定する。通常ビームパワーの小さいほうを表すフィードバック成分14は通常の方法で回折格子16から逆反射されて偏光ビーム分割器10に戻され、そこから1/2波長プレート8およびレンズ6を通してレーザ2に反射され、レンズ6はそれをレーザ2に集束する。レーザ出力の一部分のこのフィードバックはレーザの放出スペクトルの異なる狭化を行うことが認められている。レーザビームは、フィードバックビーム成分14が復帰路に沿ってレーザに正確に再導入されるようにシステム軸18上に対称的に中心に位置していることに留意しなければならない。

【0007】図2は、レーザ2の出力がレンズ6によって再度コリメートされる別の従来技術の実施例を示す。しかしながら、この形態において、回折格子16'はレンズ6から生じるビームの通路に直接位置される。回折格子16'は、システム出力が格子を通して伝送されるビーム成分12'であるように部分的に反射性であり、部分的に透過性であり、フィードバック成分14'はシステム軸18'に沿ってレンズ6を通してレーザ2に反射された一部分である。元のレーザビームの出力およびフィードバック成分への分割は、回折格子16'における溝(レーレングとも呼ぶ)20の深さおよび形状の適切な選択によって制御される。図1のように、システム軸18'に関するビーム対称性は、フィードバック成分のソースレーザへの復帰を確実にする。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】高ビームパワーを得るために、多数のレーザアレイが単一レーザ2と置換された場合、状況は変化する。この状況は、図2に示されたものに対応したシステムに関して図3に示されており、類似した応答特性が多数のレーザアレイが図1のシステム中に置換された場合に生じる。レーザアレイ22は、通常の方法で製造されて光学的に互いに分離された空間的に分離されたレーザ22a、22bおよび22cの横方向アレイとして示されている。3つのレーザだけが示されているが、通常満足できるアップ変換レーザポンプに必要な高パワーを得るためにもっと多数のレーザが必要とされる。図3のレーザは上記から考察され、レーザ平面に平行なレーザの平面を持つ。以下の説明のために、“垂

直”という用語はレーザダイオード接合部の平面に垂直な方向を示し、一方“水平”とはレーザ平面に平行な方向を示す。

【0009】中央レーザ22bから球面レンズ6' (レーザアレイ22のディメンションに適合させるために図1および図2の球面レンズ6より大きく示されている) の中心を通って溝20を備えた回折格子16' 上に延在するシステム軸18' が示されている。上方レーザ22aを検討すると、その出力ビーム4' はレンズ6' によってほぼコリメートされる。しかしながら、レーザ22aはレンズ軸からずれているため、ビームは図1および図2のように平行ではなく、レンズによってその軸に対してある角度で導かれる。再指向されたビーム24は、回折溝20に対して直角ではない角度で回折格子16' を照射する。この角度で回折格子を照射する光の水平成分は、システム軸18' の反対側で等しい角度で格子から反射され、結果的に元のビーム路を通らず、事実上レンズ6' を完全にはずれることができる反射ビーム26を生じる。ビームの透過された成分28はシステム軸に対するある角度でシステムから出るが、これはシステムに対して外側の素子の対応した再配列により処理されることができる。しかしながら、反射されたビーム成分26に対する逆反射の欠如はその成分がそのソースレーザに復帰することを阻止する。結果として、出力帯域幅の所望の狭化は実現されない。

【0010】本発明の目的は、狭い出力帯域幅を有し、しかも単一のダイオードレーザシステムにより達成されるものより実質的に高い出力パワーを生成するように多数ダイオードレーザアレイにより動作するレーザシステムを提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】これらの目的を達成するために、本発明は予め定められた放射スペクトルを有する光学的に分離された独立したレーザ素子のアレイを使用する。レーザから光回折格子に出力の少なくとも一部分を導き、格子がレーザの放射スペクトル内において少なくとも部分的に放射線を反射する光伝送システムが使用される。光伝送システムはさらにアレイから放射された出力放射線の帯域幅を実質的に減少するように回折格子からレーザアレイに反射されるレーザ放射線の少なくとも一部分を導く。

【0012】光伝送システムは、レーザアレイに戻らないオフセット路に沿ってレーザの少なくともいくつかから出力を最初に導く第1のレンズ、およびオフセット路が回折格子からの反射後レーザアレイに戻るようにならるを再指向する第2のレンズを持つ多レンズ系から構成されていることが好ましい。レンズは、レーザ出力が生じた同じレーザにそれらに戻すか、或は回折格子からの反射後にそれらが生じたもの以外のレーザに導くように構成されることができる。後者の場合、レーザはシステム軸の反対側に対称的に配置されていることが好まし

く、二重レンズ伝送システムが軸の各側のレーザから軸の反対側の対応して配置されたレーザに出力の一部分を復帰させる。

【0013】このシステムはまたスペクトル狭化のためにレーザビームの一部分をレーザアレイに戻し、一方において格子から反射せずに出力ビームとして減少された発散角度を有するビームの異なる部分を伝送するように設計されることができる。この方法の実行にはレーザビームの通路に中央開口を備えたミラーが含まれ、アレイが多数ローブパワー分布により遠フィールド出力パターンを有する場合にはビームアレイの1つのローブだけのために反射器が含まれる。

【0014】本発明のその他の特徴および利点は、以下の詳細な説明および添付図面から当業者に明らかになるであろう。

【0015】

【実施例】本発明は、アップ変換レーザ用のポンプビームとしての使用に適した狭帯域幅の高パワーレーザ出力を生成するために種々の方法で実行されることができるシステムを提供する。それは必要なパワーを持つ結合出力を生成するために分離したレーザ、好ましくはダイオードレーザのアレイを使用する。約2ワットを越える出力パワーを持つダイオードレーザは、現在大面積レーザ素子のアレイとして利用可能である。レーザは、駆動電流が流れず、熱放散を促すために熱を横方向に流れさせる受動部分によって分離される。受動領域はまたアレイが実質的な距離にわたって延在する独立した、またはディスクリットな素子の装置として考えられることができるようにレーザ素子を互いに光学的に分離するように機能する。

【0016】図4のaおよびbにおいて、ほぼ800nm帯域で光出力を生成する2つの市販のAlGaAsレーザダイオードアレイの例がそれぞれ示されている。図4のaにおいて、スペクトルダイオードラボラトリ社から部品名SDL-2482で販売されている3ワット装置の放出装置が示されている。それはそれぞれ120ミクロンの幅であり、各幅が10ミクロンの受動部分32によって分離され、ほぼ500ミクロンの全幅を生成する4つのレーザ素子30を含む。図4のbには、ほぼ1cmの全幅に対して各幅が200ミクロンであり、600ミクロンの幅の受動部分36によって分離された12個のレーザセグメント34を備えたSDL-3490-Sと呼ばれる10ワットアレイが示されている。両装置はほぼ1ミクロンの厚さで導波体上に形成される。

【0017】図5において、図4のaおよびbに示されているような高パワーレーザアレイを使用する本発明の一般的な1実施例が示されている。それは図1に示された従来のシステムに対する方法に多少類似しているが、図1のシステムが不可能である高パワーで狭帯域幅の出力を成功的に実現する。それは光学的に分離された独立

したレーザ素子38a, 38b, ..., 38nのアレイ38を使用し、ここでnはアレイ中のレーザ素子の合計数である。球面レンズとして示された第1のレンズL<sub>1</sub>は、レーザアレイからビーム40をビーム42にほぼコリメートする。ビーム42はレーザアレイおよびレンズL<sub>1</sub>の中心を通って延在するシステム軸44にほぼ平行に示されているが、実際にはビームはシステム軸から少しオフセットされる。以下、異なる全ての通路に沿ってビームを導く光学系のいくつかの異なる実施例を示す。一般に、第1のレンズL<sub>1</sub>は、補正されない場合、スペクトル狭化のためにレーザアレイにビームの一部分を適切に復帰させないオフセット路に沿ってビームを導く。ダイオードレーザは典型的に90°程度の垂直な発散角度および10°程度の水平な発散角度により光を放出するため、レンズL<sub>1</sub>はこの発散に適応させるのに十分に大きく、所望のコリメーションを行うためにレーザアレイから焦点距離だけ離れて位置されていなければならない。

【0018】ビームはレンズL<sub>1</sub>から1/2波長プレート46を通して偏光ビーム分割器48に至り、分割器48は光回折格子50に向かってビームの一部分を反射し、システム出力としてビームの残りの部分52を透過する。1/2波長プレート46および偏光ビーム分割器48は、可変ビーム分割器として一緒に動作し、1/2波長プレート46はレーザアレイのビーム偏光を回転し、回転度が偏光ビーム分割器48によって透過および反射されるビーム比を決定する。第1の軸に沿って偏光されたビーム成分はシステム出力として伝送され、一方第1の軸に垂直な第2の軸に沿って偏光されたビーム成分は回折格子50に再導入される。

【0019】水平な平面中の光だけを集束する円筒形レンズであることが好ましい第2のレンズL<sub>2</sub>は、偏光ビーム分割器48と回折格子50との間で反射されたビームの通路に挿入される。レンズL<sub>2</sub>は、回折格子50と交差し、レンズL<sub>2</sub>およびL<sub>1</sub>を通してレーザアレイに戻る新しい通路にビーム分割器から反射されたビームを再指向する。これは、図に示されているように回折格子の共通領域54上に反射されたビームの焦点を結ばせることによって行われることかできる。入射平面は格子ルーリングに平行であるため、回折格子に達する光は逆反射されず、システム軸の反対側の対称的な通路に沿って反射して戻される。

【0020】第2のレンズL<sub>2</sub>による再コリメーション後、回折格子50から戻されたビームは偏光ビーム分割器48によって再び反射され、1/2波長プレート46およびレンズL<sub>1</sub>を通り、それらはレーザアレイ38にビームを集束する。しかしながら、反射されたビームはそれらが生じたシステム軸の反対側にあるため、それらの個々のソースレーザに反射されない。その代り、各ビームはシステム軸の反対側に対称的に配置されたレーザに反射される。例えば、レーザ素子38aから生じたビームの反射

部分は素子38nにフィードバックされ、素子38bからのビームの反射部分は素子38n-1にフィードバックされ、他も同様に行われる。フィードバック路が各レーザから元のレーザでなく、異なるレーザまでであっても、従来の大面積の単一レーザシステムにより達成されたものに匹敵する出力帯域幅の狭化が結果的に生成されることが認められている。

【0021】共通の格子領域54にビームを集束する代りに、各レーザ素子からのビームはレンズL<sub>1</sub>およびL<sub>2</sub>によって元のレーザから横軸44aの反対側のディスクリートなスポットに導かれることができる。この場合、ビームはシステムの横軸44aに平行に格子を照射し、元のレーザに反射して戻される。以下、図9に関連して直線状の幾何学的形状のこのようなシステムを説明する。

【0022】1/2波長プレート46および偏光ビーム分割器48は、回折格子50にレーザアレイ38からの光の小部分、を好ましくは20%を結合するように調節される。格子は典型的に垂直に分散された光がレーザアレイに向かって直接反射されるように1次でブレイズされ、1次のリトロ型構造で取付けられる。レンズL<sub>1</sub>およびL<sub>2</sub>の適切な構造により、格子から反射された光はそれ自身の上にレーザアレイのイメージを形成する。垂直分散のために、元の放出の狭帯域幅だけが1ミクロンの高さのレーザ導波体に結合される。格子からのフィードバックが十分に大きい場合、それはフリーランニング（ゼロ格子フィードバック）レーザモードを消去し、アレイの全ての素子は実質的に同じ狭帯域幅で放出する。

【0023】アレイに結合される放出の帯域幅Bは、適切な式：

$$B = HD \cos(G) / f; M$$

に従い、ここにおいてHはレーザ導波体の半分の高さであり、Dは格子のルーリングまたは溝間隔であり、Gは格子の垂線と入射/反射光との間の角度であり、f<sub>1</sub>はレンズL<sub>1</sub>の焦点距離であり、Mは格子オーダーである。帯域幅は光学系の誤整列および光学素子中の不完全性によって増加される。それはこれらの状態が放射レーザアレイ面の逆反射されたイメージをずらして、ぼやけさせる傾向があるためである。第1のレンズL<sub>1</sub>は、このレンズが全開口で使用され、主に逆反射されたイメージに1ミクロンの特徴構造寸法を形成しなければならいため、非常に良好な回折制限された光学系を有しているべきである。

【0024】帯域幅はまた、レーザアレイの出力面からの反射によってフィードバックを維持するフリーランニングレーザモードの不完全な抑制の場合に広げられる。理想的には、出力面は反射防止被覆され、システムは格子50が共振ミラーの1つとして機能する外部空洞レーザとして動作するべきである。しかしながら、現在利用可能な高パワーダイオードアレイは非常に大きい利得を有し、したがって、最大出力に対する表面被覆は通常約5



11

%乃至10%の反射率である。反射率に対して、この低い相当量のフィードバックがフリーラングモードを損なう必要はなく、特別な被覆を持たない利用可能なレーザアレイは少量のフィードバックだけで非常に良好に動作することが認められている。この場合、システムは自己注入シードされたダイオードレーザアレイとして機能する。

【0025】要求されたフィードバックパワーの評価を得るために、1組の注入シードされた実験が反射防止被覆された標準方式の(5%乃至10%の反射率)被覆されたレーザに関して行われた。アレイの評価される出力の1%乃至2%しか外部マスターレーザから結合されない場合、フリーラングモードの抑制が発生したことが認められた。結果は本質的に表面被覆とは無関係であった。

【0026】偏光ビーム分割器48および1/2波長プレート46の代りとして、部分的に反射性のビーム分割器が使用されることが可能であった。この場合、1/2波長プレートは格子からの最大反射率のためにビーム偏光を回転するように横軸において付加された。

【0027】狭帯域幅レーザダイオードアレイシステムに対する別の可能な一般的構造は、図6に示されている。この場合、部分的に反射性で部分的に透過性の格子50'が出力ビームと一列に取付けられ、1/2波長プレートまたは偏光ビーム分割器は不要である。出力ビーム52は格子50'を通して直接伝送され、結果的によりコンパクトなシステムを生じさせるが、欠点としてレーザアレイの全パワーが格子に入射する。別の潜在的な制限は、開口がレーザアレイでイメージ品質を改良するために必要とされた場合、それは全パワービームで行われなければならない、したがって損失を生じることである。図5の横軸幾何学形状のように、2つのレンズL<sub>1</sub>およびL<sub>2</sub>は図6の一列方法によって使用される。

【0028】図5の横軸形態および図6の一列形態の両者のためのレーザアレイと回折格子を効果的にインターフェイスするために、いくつかの異なる光学構造が使用されることができる。アレイの寸法、並びにビームが生じた同じレーザ素子またはシステム軸の反対側のレーザ素子のいずれに対するフィードバックが望ましいか、要求される光学系の許容度、およびシステムの全体的な寸法要求に応じて、使用されるものが特定される。以下の例において、それらは図5の横軸形態に等しく適用可能であるが、図6の直線に沿った一列格子構造が仮定される。一列および横軸形態はこの目的に対して等価である。図7乃至図10は、システム軸44'の一側上のレーザ素子からの光がシステム軸の反対側の対称的に配置されたレーザ素子にフィードバックされる“対称的な”フィードバックシステムを示す。このタイプのフィードバックは、アレイに沿ってレーザ波長シフトを生じさせるAlGaAs化学量論的に勾配が存在する可能性の高い

12

大型装置にとって重要である。アレイの対向する半分間における光の交換は、フィードバック波長にアレイ全体をロックすることを容易にするために計画されている。

【0029】図7にはレーザ素子38の放出端が示されており、第1のレンズL<sub>1</sub>の後方焦点距離f<sub>1</sub>で平面Aに沿って構成され、一方レンズL<sub>1</sub>の前方焦点平面BはレンズL<sub>1</sub>とL<sub>2</sub>の間に配置されている。したがって、球面レンズL<sub>1</sub>は平面Aで放出された光をフーリエ変換し、平面Bでそれを表示する。平面Bの光はアレイの遠フィールド強度分布である。円筒形レンズL<sub>2</sub>は平面Bの正面において距離S1で配置され、格子50'上で距離S2の共通領域54'上に各レーザ素子からの光を水平に集束する。格子50'上で照明された共通領域54'は、最初に平面Bに生成されたアレイ遠フィールドのイメージに対応し、したがって距離S1およびS2は通常のイメージ式：

$$1/S1 + 1/S2 = 1/f_1$$

によって与えられる。(特定のレーザ素子から放射された光の中央光線56だけが図7に示されているが、光学系は全ての分散角度にわたってレーザから放出された光で同様に動作することが理解されなければならない。)中央光線56の一部分はある角度で回折格子50'から反射し、レンズL<sub>2</sub>を再び通過する。したがって、遠フィールドパターンは平面Bで再度イメージ化され、その後平面AでレンズL<sub>1</sub>によって近フィールドにフーリエ変換される。格子における光の非垂直入射のために、それは軸44'の反対側に対称的に配置されたレーザ素子中に結合される。遠フィールドパターンの垂直量は、コリメートレンズL<sub>1</sub>の全垂直開口を照明する垂直方向における大きい発散角度のために大きい。ビームはレンズL<sub>2</sub>を通過した後垂直方向にコリメートされた状態であり、したがって非常に多数の格子ルーリングが照明され、良好な分解能が得られる。システム出力(示されていない)は、格子を通して伝送されたビームの主要部分である。

【0030】レンズL<sub>1</sub>は、良好な逆反射されたイメージを生成するために低いF数の回折制限されたレンズでなければならない、アレイの幅全体にわたって良好に補正されなければならない。このタイプの球面レンズは、典型的に補正フィールドの10乃至20倍の直径を有する。したがって、1cmのアレイに対して、球面レンズL<sub>1</sub>は実際のシステムにとって非常に大きい約10乃至20cmの直径を有している。それはまた極めて重く、高価である。2つの円筒形レンズの使用は大型アレイにとってより実行可能な方法である。図8において、図7の第1のレンズL<sub>1</sub>は2つの円筒形レンズL<sub>1</sub>およびL<sub>1</sub>'によって置換されている。レンズL<sub>1</sub>は、光を垂直にコリメートするために使用される。垂直方向におけるレーザ素子からの光学的発散は典型的に約90°であるため、このレンズは1以下の低いF数を有していなければならない。レンズL<sub>1</sub>'は適切な水平コリメーションを実行し、したが

って典型的に2乃至3の著しく高いF数を有する。レンズL<sub>1</sub>は垂直の1ミクロンの特徴を形成するために非常に良好な品質であることが必要とされ、また最高パワーのアレイで機能するために約1cmだけの長さであることが必要とされる。システムの残りの部分は図7と同様に動作する。

【0031】図9において、球面マイクロレンズアレイL<sub>1</sub>'は図7の球面レンズL<sub>1</sub>と置換されており、各素子からの光を適切にコリメートするために分離したマイクロレンズ58が各レーザ素子の正面において焦点距離に位置されている。円筒形のレンズL<sub>2</sub>は、その非垂直入射のために光の一部分がシステム軸44を横切って対称的に配置されたレーザ素子にシステムを通して反射される回折格子50に光を水平に集束する。垂直方向において、格子の光はマイクロレンズの1つの直径に匹敵する寸法を有している。良好なスペクトル分解能のために大きい寸法が要求された場合、ビームを拡大するために円筒形レンズのビーム拡張器(示されていない)が使用されてもよい。

【0032】図10乃至図12に示された実施例において、各レーザ素子からの光は軸の反対側の素子ではなく、それが生じた同じレーザ素子中に直接フィードバックされる。最初に図10を参照すると、簡明にするために単一レーザ素子からの光だけが示されている。球面レンズL<sub>1</sub>は放出された光を垂直にコリメートし、水平方向に各レーザからの光を適切にコリメートする。各レーザ素子からのビームがシステムの光軸44となす水平角度は、軸からのレーザ素子の距離と共に増加する。第2の円筒形レンズL<sub>2</sub>は、レンズL<sub>1</sub>から距離f<sub>1</sub>+f<sub>2</sub>の位置に配置されており、ここにおいてf<sub>1</sub>およびf<sub>2</sub>はレンズL<sub>1</sub>およびL<sub>2</sub>の各焦点距離である。したがって、レンズL<sub>2</sub>はレンズL<sub>1</sub>から共焦点的に配置され、レンズL<sub>2</sub>を越えて距離f<sub>2</sub>で配置された格子にアレイを水平にイメージ化する。各レーザ素子からのビームはレンズL<sub>1</sub>からの距離fでシステム軸と交差する。

【0033】レンズのこの共焦点配置は、各レーザ素子からの光円錐の中央光線がシステム軸44にほぼ水平な軸に沿って格子を直交するように(水平方向において)照射し、また格子がキャッツアイ逆反射器として動作することを保証する。各レーザ素子からの光はシステムを通して正しくその通路を戻り、それが生じた元のレーザ中に再結合される。レンズL<sub>1</sub>およびL<sub>2</sub>が距離f<sub>1</sub>およびf<sub>2</sub>で分離されて配置されていない場合、アレイイメージはレンズL<sub>2</sub>の背後の距離f<sub>2</sub>で発生せず、格子はキャッツアイ逆反射器として機能しない。この理想的な間隔からずれることは結果として、反射されたビームの横方向のずれを生じさせ、各ビーム素子の能動利得領域を少なくとも部分的に失わせる。

【0034】垂直方向において、ビームはレンズL<sub>1</sub>の直径にほぼ等しい高さを有しているため、格子の多数

のルーリングが照明され、良好なフィードバックスペクトル分解能が得られる。理想的には、良好に限定されたイメージが格子面上に形成され、したがってレンズL<sub>2</sub>と格子との間の距離が全ての垂直距離に対して同じであることを保証するように、レンズL<sub>2</sub>は格子面と整合するように傾斜された軸を有しているべきである。したがって、これはレーザ面で逆反射された光から垂直に最良のイメージ品質を生成する。

【0035】図11において、光を垂直にコリメートするために低いF数の円筒形レンズL<sub>0</sub>が使用され、それよりずっと高いF数の円筒形レンズL<sub>1</sub>'は適切な水平のコリメーションを実行する。これらのレンズの基準は図8に関して論じられたものと同じである。2つの円筒形レンズL<sub>0</sub>およびL<sub>1</sub>'の単一の球面レンズL<sub>1</sub>との置換を除き、図11に示されたシステムの動作は本質的に図10のものと同じである。

【0036】図12に示された形態において、球面マイクロレンズL<sub>1</sub>'は格子50に各レーザ素子をイメージするために使用される。イメージ形成は上記のように距離S<sub>2</sub>で行われる。各レーザ素子からの光円錐の中央光線は水平方向において格子に垂直に入射し、したがってそれが生じたレーザ素子中に直接反射する。発散する円筒形レンズL<sub>2</sub>は格子から焦点距離f<sub>3</sub>の距離に配置され、良好な分解能のために十分な格子ルーリングを照射するのに十分に大きい領域に光を垂直にコリメートする。ビーム拡張器/コリメータはまた格子上において非常に大きい垂直スポット寸法を生成するために使用されることができる。

【0037】図10と同じであるが、図5の横軸幾何学形状で構成されたシステムにより実験が行われた。3ワットSDL-2482レーザアレイは、15mmの焦点距離、18mmの直径を持ち、第1のレンズL<sub>1</sub>に対して1mmのフィールドにわたって完全に補正されたスペシャルオプティクス社製の品番54 18 15 800である4素子球面F/0.83レンズが、また第2のレンズL<sub>2</sub>に対して20cmの焦点距離の平凸の円筒形レンズが使用された。1,800ライン/mmのホログラフ的な回折格子およびほぼ62%で動作した797nm波長での反射率が実験のために使用された。

【0038】システムの出力パワーおよび帯域幅は、図13において回折格子50に発散された元のビームパワーの部分の関数として示されている。出力パワーおよび帯域幅は曲線60および62によってそれぞれ示されている。回折格子に発散されるパワーなしで、レーザアレイは2.3ワットの出力および約30オングストロームの帯域幅を示した。帯域幅はフィードバックが増加されると急速に狭くなり、回折格子に向かって発散されたパワーの10%および25%でそれぞれ3.2および1.9オングストロームに達した。したがって、帯域幅は約20%乃至25%だけの出力パワーの損失で約15の係数だけ減少された。

【0039】図14は、格子に向かって発散されたパワ

一の20%で得られたスペクトル出力を詳細に示す。フィードバックを妨害するために遮断された格子により、曲線64で示されたような30オングストロームの放射帯域幅が結果的に得られた。付加されたフィードバックにより、アレイ中の全てのレーザ素子から結合したスペクトルは、曲線66で示されているように $1/e^2$  強度点において2.2 オングストロームの全幅の帯域幅を有し、ここでeは対数ベース2.71828である。これらの条件下におけるパワーは1.8 ワットであった。測定に使用されたモノクロメータシステムの分解能は約0.9 オングストロームであったので、実際の放射帯域幅は実際には曲線62によって示されたものより少し小さかった。

【0040】図15は回折格子からのフィードバックの存在時にアレイ中の各4つのレーザ素子からの出力スペクトルを示す。これらのスペクトル曲線は各レーザ素子が実質的に同じ帯域幅で放射していることを表す。

【0041】上記のシステムはEr:YLFアップ変換レーザを光学的にポンプするために使用され、551 nmで100mWの出力を生成した。これらの条件下において、アレイパワーの88%は797nmのポンプ吸収波長で5 mmの長さの結晶中に吸収され、1オングストロームの公称的帯域幅を有した。アップ変換レーザの特性は、レーザアレイシステムの有効性を表した。

【0042】図16において、前の実施例のように出力スペクトルを狭くするだけではなく、フリーランニングレーザアレイより小さい発散を有する出力ビームを生成する別のシステムが示されている。この方法において、高い発散角度を有するビームの一部分は、小さい発散角度を有するビームの一部分をスペクトル狭化するために使用された。高い発散光はもっぱら回折格子に結合され、一方低い発散光は出力としてシステムを通過させられる。

【0043】図16の実施例は、図5のものと同じ横軸幾何学形状を使用する。しかしながら、偏光ビーム分割器および1/2波長プレートの代わりに、中央開口70を持つミラー68が使用され、レーザアレイビームの外側部分を格子50に導き、ビームの中央部分を出力72として通過させる。ミラー68はレンズL<sub>1</sub>の後方焦点平面に配置され、レーザアレイ出力面のフーリエ変換(遠フィールドパターン)が形成される。角度Tでレーザアレイから放射された光は、関係:  $R = f_1 T$  にしたがってミラー面にマップされ、ここにおいてRは光軸44からの距離であり、 $f_1$ はレンズL<sub>1</sub>の焦点距離であり、Tはラジアンである。したがって、ミラー68は空間フィルタとして動作し、レンズL<sub>2</sub>を通過して格子へのビームの大きい発散角度成分を収集し、システム出力として低い発散成分を通過させる。これは、システム出力を供給するビームの中央部分が影付けされていない領域74によって示され、出力帯域幅を狭くするためにフィードバックに使用されるビームの外側部分が影付けされた領域76によって

示されている図17のグラフに示されている。レーザアレイ38にフィードバックされる高い発散成分は個々のレーザ素子内に存在する強いモード混合によって高い発散モードだけでなく、低い発散モードでもスペクトル的に狭化する。

【0044】この方法に関して、発散角度、スペクトル狭化および出力パワーの間において妥協が行われる。ミラー中の開口がフィードバックの量を増加し、したがってより狭いスペクトルを得るように小さく形成されると、発散角度が減少するが、出力パワーも低下する。したがって、パワーは狭化されたスペクトルに対してトレードオフされ、良好なビーム品質も得られる。

【0045】ミラーはレーザアレイの出力を対称的にサンプリングする必要はなく、アレイの遠フィールドプロフィール中に存在する特徴が別の方法を示唆している。例えば、現在の高パワーレーザアレイは、ストリップに関して非対称的な一連の横断モードで素子をランさせる各レーザ素子内の電流制限ストリップを含んでいることが多い。これは結果的に各素子に二重ローブ遠パターンを持たせ、アレイ自身もまた結果的に複合的な二重ローブ遠パターンを有する。この現象は、図4のbに示された一般的な構造を持つ10ワットのアレイに対して図18に示されている。ビームパワーはビームの中心線からの発散角度の関数として示され、また中心線の両側に2つのローブ74aおよび74bが存在している。本発明によると、ローブの1つはスペクトル狭化のために使用され、他方は出力に対して使用される。

【0046】この方法を実行するために使用されることができるシステムは、図19に示されている。それは、格子50への横軸上の円筒形レンズL<sub>2</sub>と共に主システム軸44に沿った直交する円筒形レンズL<sub>1</sub>およびL<sub>1'</sub>および1/2波長プレート46を使用する。平坦なミラー78は、横軸中にローブの1つを反射するようにレンズL<sub>1</sub>およびL<sub>2</sub>に関して共焦点的に位置される。他方のローブの通路は妨害されず、それがシステム出力80として現れることを可能にする。レーザアレイ38内の各レーザ素子は各ローブのために機能し、格子50によって逆反射されるフィードバックローブはまた各レーザ素子に戻される。図16のように、図19の実施例は一系列または横軸幾何学形状のいずれかで実行されることが可能であり、フィードバックは元のレーザまたは対称的に配置されたレーザのいずれであることができる。

【0047】図19のシステムの実施例において、図18に示されたフリーラン遠フィールドパターンを持つ10ワットのSDL-3490-Sレーザアレイが使用された。レンズL<sub>1</sub>およびL<sub>2</sub>の焦点距離は、それぞれ10cmおよび20cmであり、一方レンズL<sub>1'</sub>は直列の1対の円筒形レンズで構成され、第1のものは0.635cmの焦点距離を有し、第2のものは2.22cmの焦点距離を有していた。1/2波長プレート46は、格子からの最大反射率のために

ビーム偏光を回転するために使用された。出力ビーム80に対して得られる角度的パワー分布は図20に示されている。それは $5.5^\circ$ の $1/e^2$ で全幅を有し、パワーは5.75ワットであった。これは、 $10.9^\circ$ の幅および9.2ワットのパワーを有していた同じレーザアレイに対してフリーランの場合と比較されることができる。出力発散はほぼ半分にされ、出力パワーも同様にされた。しかしながら、図21に示されているように非常に狭いスペクトル帯域幅が得られた。上部プロフィールは、2.5オングストロームの $1/e^2$ で全幅を有したアレイ中の12個全てのレーザ素子の複合スペクトルを示す。これは、図21の下部プロフィールにより示されているように、フリーランニングアレイのほぼ40オングストロームの著しい帯域幅減少を表した。

【0048】以上、本発明は非常に狭いスペクトル帯域幅および狭い発散角度により高パワーアレイを実現することができる。本発明のいくつかの実施例が図示および説明されているが、当業者は種々の変形および別の実施例を認識するであろう。例えば、好ましい実施例において回折格子は主要な反射素子として使用されているが、プリズムおよびミラーの組合せ、エタロンまたはファブリペロー干渉計もまた使用されることができる。このような変形および別の実施例は、添付された特許請求の範囲の技術的範囲を逸脱することなく案出され、実現されることが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】単一レーザダイオードの放射スペクトルを狭くする従来のシステムのブロック図。

【図2】単一レーザダイオードの放射スペクトルを狭くする従来のシステムのブロック図。

【図3】多数レーザアレイに図2に示されたシステムを適用した結果を示したブロック図。

【図4】本発明により使用されることができる2つの高パワーダイオードレーザアレイの放射開口を示したブロック図。

【図5】光伝送システムの分離したアームにおいて反射性の回折格子を使用した本発明の1実施例のブロック図。

【図6】一列の部分的に反射性および部分的に透過性の回折格子を使用した本発明の別の実施例のブロック図。

【図7】アレイ中の個々のレーザからの出力がスペクトル狭化のためにシステム軸の反対側でレーザにフィードバックされる実施例のブロック図。

【図8】アレイ中の個々のレーザからの出力がスペクトル狭化のためにシステム軸の反対側でレーザにフィードバックされる実施例のブロック図。

【図9】アレイ中の個々のレーザからの出力がスペクトル狭化のためにシステム軸の反対側でレーザにフィードバックされる実施例のブロック図。

【図10】レーザアレイからの出力の一部分がスペクトル狭化のためにそれらが生じた同じレーザにフィードバックされる実施例のブロック図。

10 【図11】レーザアレイからの出力の一部分がスペクトル狭化のためにそれらが生じた同じレーザにフィードバックされる実施例のブロック図。

【図12】レーザアレイからの出力の一部分がスペクトル狭化のためにそれらが生じた同じレーザにフィードバックされる実施例のブロック図。

【図13】図10と類似しているが、図5のサイドアーム形状で構成されたシステムにより得られた実験結果のグラフ。

20 【図14】図10と類似しているが、図5のサイドアーム形状で構成されたシステムにより得られた実験結果のグラフ。

【図15】図10と類似しているが、図5のサイドアーム形状で構成されたシステムにより得られた実験結果のグラフ。

【図16】レーザアレイからの出力の一部分がシステムからの出力として伝送された小さい発散角度の部分を持つスペクトル狭化のためにアレイにフィードバックされる別の実施例のブロック図。

30 【図17】図16のシステム中のビームのフィードバック部分と出力部分との間におけるパワー分割を示したグラフ。

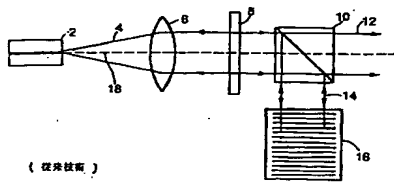
【図18】特定のレーザアレイからの多ローブ遠フィールドプロフィールを示したグラフ。

【図19】図18に示された遠方フィールドプロフィールの1つのローブがスペクトル狭化のために使用され、他方が低い発散出力ビームに対して使用される光学系のブロック図。

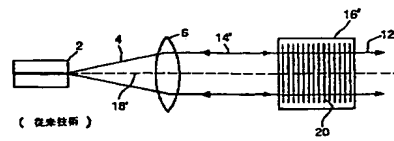
40 【図20】図19のシステムによって生成された出力ビームの遠方フィールドの角度的な分散および出力ビームの複合スペクトルをそれぞれ示したグラフ。

【図21】図19のシステムによって生成された出力ビームの遠方フィールドの角度的な分散および出力ビームの複合スペクトルをそれぞれ示したグラフ。

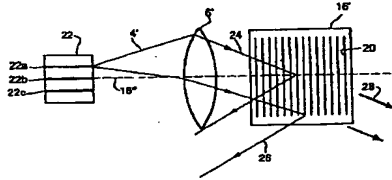
【図1】



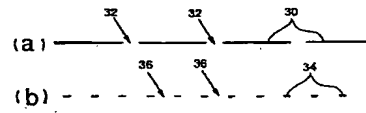
【図2】



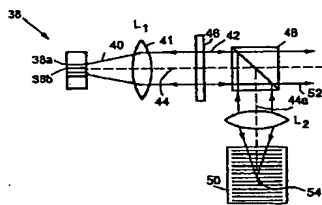
【図3】



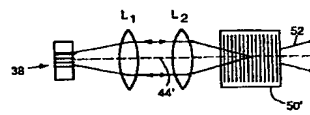
【図4】



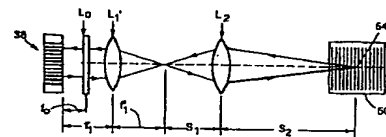
【図5】



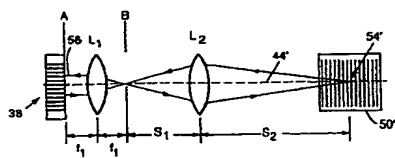
【図6】



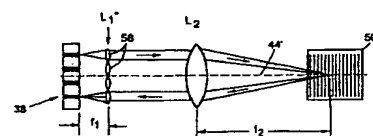
【図8】



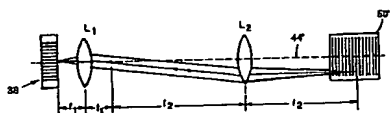
【図7】



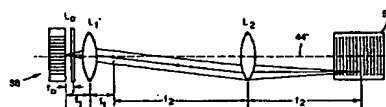
【図9】



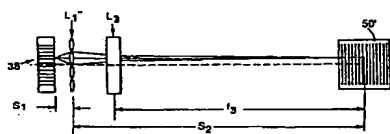
【図10】



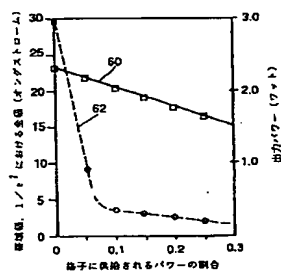
【図11】



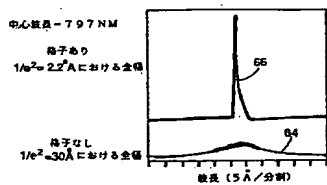
【図12】



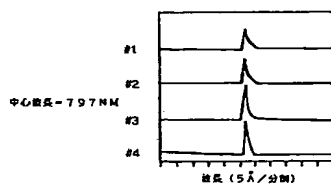
【図13】



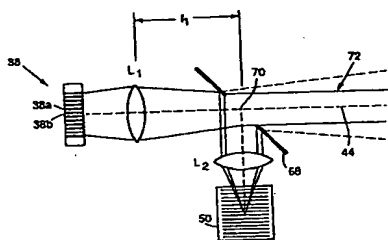
【図14】



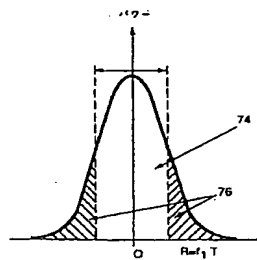
【図15】



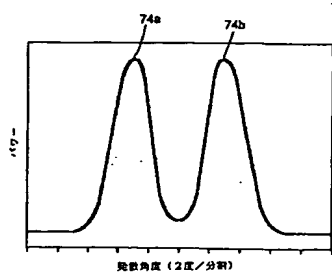
【図16】



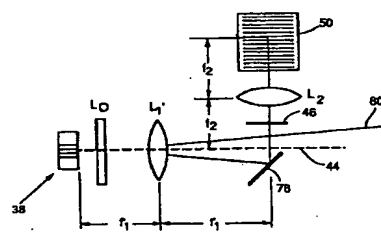
【図17】



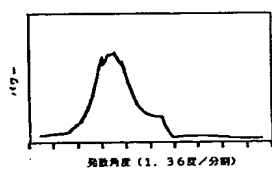
【図18】



【図19】



【図20】



【図21】

